



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

NÁTALI BAGATINI

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM RESERVATÓRIO DE
ÁGUA DA CHUVA: ESTUDO DE CASO PARA UMA ESCOLA NO MUNICÍPIO DE
CERRO LARGO – RS

CERRO LARGO

2018

NÁTALI BAGATINI

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM RESERVATÓRIO DE
ÁGUA DA CHUVA: ESTUDO DE CASO PARA UMA ESCOLA NO MUNICÍPIO DE
CERRO LARGO – RS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Federal da Fronteira do Sul.

Orientadora: Prof^a Dr^a Juliana M. Schöntag

CERRO LARGO

2018

B144d BAGATINI, Nátali.
 Dimensionamento e análise de viabilidade de um
reservatório de água: estudo de caso para uma escola no
Município de Cerro Largo - RS / Nátali Bagatini.-- 2018.
54 f. ; il.

 Orientador: Prof. Dra. Juliana Marques Schontag.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) –
Universidade federal da Fronteira Sul, Engenharia Ambiental e
Sanitária, Cerro Largo, RS, 2018.

 1. Água. 2. Reservatório de água. 3. Água pluvial. 4. Bacias
sanitárias. I. Schontag, Juliana Marques orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

CDD: 597

NÁTALI BAGATINI

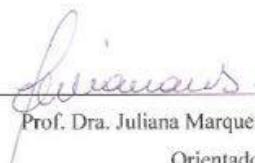
**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM
RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA: ESTUDO DE CASO PARA UMA
ESCOLA NO MUNICÍPIO DE CERRO LARGO – RS.**

Esse trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

02/07/2018

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Marques Schöntag

BANCA EXAMINADORA

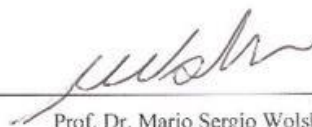


Prof. Dra. Juliana Marques Schöntag – UFFS

Orientadora



Prof. Dr. Márcio Antônio Vendruscolo - UFFS



Prof. Dr. Mario Sergio Wolski - UFFS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder força de vontade, sabedoria e perseverança para vencer os obstáculos desta caminhada, por estar sempre comigo e não me deixar desistir nos momentos mais difíceis que passei.

Aos meus pais, por me proporcionarem a oportunidade de estudar e incentivarem meu crescimento pessoal, além de fornecerem o apoio necessário para que eu conclui-se essa etapa.

A minha amada irmã Lauren, pelo amor e carinho de sempre, pela amizade, por me ouvir nos momentos em que as coisas não estavam indo bem, e a Bela pelo companheirismo de sempre.

Ao meu melhor amigo e namorado, Jorge Atilio Benati, pelas contribuições feitas para este trabalho, e principalmente por todo o apoio, amor e compreensão durante as horas mais difíceis de desânimo e cansaço. Muito obrigada por me ouvir.

A minha avó materna Loreni, por toda atenção, preocupação e carinho dedicados mesmo à distância, ao meu avô Ari (in memoriam) por me cuidar lá de cima. Aos meus avós paternos Ari e Luci por todo apoio durante este período.

A minha orientadora professora Dra. Juliana Marques Schontag, pelas conversas, orientações e acompanhamento ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

As colegas de apartamento com quem convivi por 5 anos, e aquelas que convivi por menos também, foram muito importantes, pela companhia, pelas conversas, folias e até desentendimentos, mas principalmente por me ouvirem quando algo dava errado.

A direção da Escola Municipal Padre José Schardong, por disponibilizar o espaço para que essa pesquisa pudesse ser realizada, pela atenção e informações necessárias.

A minha colega e amiga Diana, pela amizade, pelo companheirismo, por estar comigo nos piores momentos e nos melhores também, amizade que levarei para a vida toda.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho.

RESUMO

Em função da preocupação com o uso racional da água potável, e o impacto gerado pelo aumento do seu consumo, a busca por alternativas sustentáveis é cada vez maior. Dentre as opções, o aproveitamento de águas pluviais aparece como alternativa, pois além de diminuir o uso da água potável dos mananciais, para fins não potáveis, serve indiretamente como uma medida para reduzir os volumes de escoamento superficial, em grandes cidades, auxiliando os sistemas de drenagem urbana. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo, analisar o potencial de aproveitamento de águas pluviais para uma escola, no município de Cerro Largo – RS. A ideia foi dimensionar um reservatório de armazenamento de água da chuva, com a intenção de utilizá-la nas bacias sanitárias dos banheiros feminino e masculino dos alunos da escola local Padre José Schardong, e verificar a viabilidade econômica do sistema. Primeiramente foram levantados os dados de precipitação mensais do Município junto ao banco de dados do BDMEP da Estação Meteorológica de São Luiz Gonzaga, por ser a estação meteorológica credenciada pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) mais próxima do estabelecimento, para o período de 10 anos (2008 a 2017). A demanda de água necessária para as atividades da escola foi estimada através de visitas ao local, e os métodos para o dimensionamento do reservatório aplicados foram o Método de Rippl e o Método de Azevedo Neto. Os resultados demonstraram que o município de Cerro Largo tem potencial para a instalação de sistemas de captação de água da chuva, devido a ocorrência de precipitações regulares e distribuídas durante o ano, mesmo havendo a necessidade de um grande volume de água para o uso dos banheiros dessa escola. A viabilidade econômica foi verificada através dos custos de implementação, e economia de água para atender a demanda. Os custos relativos aos materiais para à implantação do sistema foram orçados em R\$7,314.48. Devido a área disponível para implantação do sistema não ser ampla, recomenda-se a utilização de um reservatório de 20 m³, que ajudará na economia de água. Os resultados da análise econômica demonstraram que o sistema é viável economicamente e possui tempo de retorno máximo de 4,8 anos e mínimo de 9 meses.

Palavras-chave: Água da chuva. Sistema de aproveitamento de água pluvial. Dimensionamento de reservatório.

ABSTRACT

In function the concern about the rational use of potable water and the impact of increasing consumption, the search for sustainable alternatives is increasing. Among the options, the use of rainwater appears as an alternative, since in addition to reducing the use of potable water from the sources for non-potable purposes, it indirectly serves as a measure to reduce the volume of surface runoff in large cities, assisting in urban drainage. Thus, the objective of this work was to analyze the potential of rainwater harvesting for a school in the municipality of Cerro Largo - RS. The idea was to size a rainwater storage tank, with the intention of using it in the sanitary basins of the female and male bathrooms of the students of the local school Father José Schardong, and verify the economic viability of the system. First, the monthly precipitation data of the Municipality was collected from the BDMEP database of the São Luiz Gonzaga Meteorological Station, since it is the meteorological station accredited by INMET (National Meteorological Institute) closest to the establishment for a period of 10 years (2008 to 2017). The water demand for school activities was estimated through site visits, and the methods for reservoir sizing applied were the Rippl Method and the Azevedo Neto Method. The results showed that the municipality of Cerro Largo has potential for the installation of rainwater harvesting systems due to the occurrence of regular and distributed rainfall during the year. Economic viability was verified through implementation costs, and water savings to meet demand. The costs related to the materials for the implementation of the system were budgeted at R \$ 7,314.48. Because the area available for system deployment is not wide, it is recommended to use a 20 m³ reservoir, which will help to save water. The results of the economic analysis demonstrated that the system is economically viable and has a maximum return time of 4,8 years and a minimum of 9 months.

Key words: Rainwater. Rainwater harvesting system. Reservoir sizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Situação do município no Estado do RS	29
Figura 2 - Vista aérea da área da escola.....	29
Figura 3 - Instalações da escola com demonstração das calhas já instaladas.....	30
Figura 4 - Precipitação média anual na região de Cerro Largo – RS	41
Figura 5 - Precipitação média mensal na região de Cerro Largo – RS	42
Figura 6 - Planta baixa da cobertura da escola com a indicação das áreas de captação.....	43
Figura 7 - Esboço do sistema do reservatório inferior e reservatório superior atrás dos banheiros.....	45
Figura 8 - Local destinado a instalação dos reservatórios na escola	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff médios verificados para diferentes materiais	20
Tabela 2 - Frequência de manutenção do sistema de captação de água da chuva ..	25
Tabela 3 - Taxas e Frequências.....	31
Tabela 4 - Demanda diária e mensal de água estimada para escola.....	31
Tabela 5 - Cálculos pelo método de Rippl entre os anos 2008 e 2017	37
Tabela 6 – Custos dos materiais para implementação do sistema	48
Tabela 7 – Valores da demanda mensal, precipitação necessária do sistema e precipitação média histórica.....	49
Tabela 8 - Custos antes e depois da instalação do sistema	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade e frequência de monitoramento de água da chuva para usos não potáveis de acordo com a NBR 15527	18
Quadro 2 – Dados das precipitações mensais e anuais nos anos de 2008 a 2017 para o município de Cerro Largo - RS.	33

LISTA DE SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA Agência Nacional de Águas

ASA Articulação do Semiárido brasileiro

BDMEP Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

CORSAN Companhia Rio-grandense de Saneamento

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

PL Projeto de Lei

PMSB Plano Municipal de Saneamento Básico

RGE Rio Grande Energia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA	15
2.2 HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA	15
2.3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	16
2.3.1 Captação da água da chuva na Região Nordeste	17
2.4 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO	17
2.5 QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS	17
2.6 LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA	18
2.7 ESCOLAS SUSTENTÁVEIS	19
2.8 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	20
2.8.1 Área de captação	20
2.8.2 Calhas e Condutores	21
2.8.3 Grades, Peneiras e Filtros	21
2.8.4 Reservatório de armazenamento	22
2.8.5 Manutenção	25
2.9 USOS DA ÁGUA CAPTADA	26
2.10 ANÁLISE ECONÔMICA	26
2.10.1 Tarifa de água cobrada no município de Cerro Largo	27
3 METODOLOGIA	28
3.1 PROCEDIMENTOS	28
3.2 CARACTERIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDO	28
3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	30
3.3.1 Previsão de consumo	30

3.3.2 Área de contribuição	31
3.3.3 Precipitação em Cerro Largo	32
3.3.4 Fatores meteorológicos	34
3.3.5 Área de contribuição	34
3.3.6 Vazão de projeto	34
3.3.7 Reservatório de armazenamento.....	35
3.3.8 Dimensionamento pelo Método de Rippl e pelo Método de Azevedo Neto.....	35
3.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO	38
3.5 BOMBEAMENTO DA ÁGUA.....	38
3.6 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	39
3.6.1 Material necessário para instalação do sistema	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1 POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA REGIÃO DE CERRO LARGO.....	41
4.2 FATORES METEOROLÓGICOS.....	42
4.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	43
4.4 VAZÃO DE PROJETO	44
4.5 CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA DA CHUVA APROVEITÁVEL	44
4.6 BOMBEAMENTO DA ÁGUA ARMazenada	44
4.7 RESULTADOS E COMPARAÇÕES DOS MÉTODOS	45
4.8 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	48
5 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da escassez e da poluição da água, a preocupação com seu uso sustentável ganha cada vez mais importância no mundo todo. Estimativas da ONU apontam que até o ano de 2025 o número de habitantes que vivem em países com alto consumo sobre os recursos hídricos passará dos cerca de 700 milhões atuais para mais de 3 bilhões. Os fatores ambientais, econômicos e sociais contribuem para esta crise de abrangência mundial (TUNDISI, 2011).

A captação de água da chuva para fins não potáveis gera uma economia no consumo de água potável, já que uma parte da água fornecida pelas concessionárias de abastecimento não é utilizada para esse fim. Segundo Tomaz (2010), pesquisas mostram que a captação de água da chuva diminui em 30% do consumo de água potável proveniente do sistema de abastecimento.

A coleta da água chuva, além de economizar a água potável, colabora para a minimização dos problemas de inundação que ocorrem principalmente nos grandes centros urbanos. Devido à impermeabilização do solo, em épocas de muita chuva, não ocorre infiltração desta água no solo devido a impermeabilização causada pelas construções, e devido ao aumento do volume de escoamento superficial, as tubulações não conseguem escoar toda água, fazendo com que ocorram os alagamentos (DORNELLES, 2012). Além do que, utilizar a água da chuva como uma fonte alternativa, é uma ação que minimiza alguns dos problemas ambientais que são causados pela escassez de água, mesmo que para fins não potáveis (MIERZWA, 2007).

Os problemas relacionados à escassez de água no mundo confirmam a necessidade de se ter um uso mais racional, contudo a água pode ser considerada hoje como o produto de maior valor do mundo. A técnica da reutilização da água apesar de ser cada vez mais reconhecida como uma boa opção para a racionalização dos recursos hídricos, ainda depende da aceitação da população e da vontade dos políticos para que se efetive como uma tecnologia sistemática, em larga escala (TELLES, 2010).

Os projetos de aproveitamento de águas pluviais demonstram que as edificações podem se tornar sustentáveis, com atitudes que não interferem no meio ambiente. A água é um bem natural que está cada vez mais escasso ou até mesmo

impróprio para o consumo, devido a contaminação das águas, sendo assim, além de poupar a água potável, o projeto ajuda a drenar as águas da chuva fazendo com que não ocorram enchentes e alagamentos nos centros urbanos devido a impermeabilização do solo, e consequentemente traz a economia financeira na redução da conta de consumo da água potável que vêm das concessionárias. Sendo assim, se utilizam tecnologias sustentáveis e ao mesmo tempo se tem custos mais acessíveis.

Nesse contexto, o estudo para a implementação de um sistema de reaproveitamento de águas da chuva torna-se possível sem a necessidade de tratamento, já que seu uso será destinado as descargas das bacias sanitárias da escola, fazendo com que não seja utilizada a água potável para esses fins.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo dimensionar um sistema de aproveitamento das águas da chuva e verificar sua viabilidade econômica, para posterior implementação na Escola Municipal Padre José Schardong localizada no município de Cerro Largo – RS, visando a redução do consumo de água potável da concessionária (CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento), para fins não potáveis.

1.1.1.1 Objetivos Específicos

- Avaliar as precipitações pluviométricas para o aproveitamento da água da chuva na região do município de Cerro Largo/RS;
- Avaliar os métodos de dimensionamento de reservatório de água da chuva que constam na NBR 15527/2007, para calcular o volume do mesmo;
- Verificar os custos de implementação e estimar a redução do consumo de água potável e a economia sobre o abastecimento;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o país tem cerca de 13,7% da água doce superficial disponível no mundo, porém a disponibilidade deste recurso não é uniforme. De acordo com os dados da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2013), aproximadamente 80% da disponibilidade hídrica estão concentrados na região Amazônica que possui o menor índice populacional e apenas 20% é distribuído para as outras regiões do território brasileiro.

O uso desenfreado da água é um dos principais motivos relacionados à escassez mundial. O aumento da demanda causado pelo crescimento populacional, a expansão industrial e as mudanças climáticas que alteram o regime de distribuição das chuvas também contribuem para o agravamento desta situação (HAGEMANN, 2009).

A disponibilidade de água também está relacionada com a sua qualidade, pois águas contaminadas muitas vezes não podem ser utilizadas como água potável, nem para usos industriais ou agrícolas, sendo na maioria das vezes prejudiciais à saúde humana e aos ecossistemas. Estima-se que 80% das águas residuárias do mundo não são tratadas e que os núcleos populacionais sejam as principais fontes de contaminação (UNESCO, 2012).

2.2 HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

A água da chuva foi utilizada por muitos povos antigos em suas atividades, sendo considerada uma fonte viável e de fácil acesso para essas comunidades. Através do desenvolvimento tecnológico, alguns povos começaram a descartar o uso da água da chuva diante de alternativas mais fáceis como o sistema de fornecimento de água, já outras comunidades continuaram a cultivar o seu uso, pela falta de opções (WERNECK, 2006).

O sistema de captação e manejo da água da chuva era pouco utilizado há alguns anos atrás no Brasil, no entanto, essa situação mudou através do desenvolvimento de cisternas para captação da água da chuva e barragens subterrâneas realizados pela Embrapa Semiárido no final dos anos 70. Atualmente, a

Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva é responsável por divulgar estudos e pesquisas relacionados a captação da água da chuva (ABCMAC, 2016).

No ano de 2000, a Articulação do Semiárido Brasileiro desenvolveu o Programa Um Milhão de Cisternas, o P1MC, que tinha como objetivo atender a demanda de água potável da população nordestina, visando garantir o acesso à água de qualidade para os moradores daquela região, diminuindo assim a incidência de doenças em virtude do consumo de água contaminada. Desde 2003, aproximadamente 420.000 cisternas já foram construídas (ASA, 2015).

2.3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O aproveitamento da água pluvial no Brasil tem sido muito utilizado nos últimos anos e seu uso só tende a crescer, seguindo exemplos internacionais. Dentre as razões pelas quais o aproveitamento da água de chuva tornou-se uma alternativa viável para a obtenção de água no Brasil destacam-se: a escassez de água no Semiárido Brasileiro, o custo da água canalizada e tratada oferecida pelo abastecimento público nas grandes cidades e o abastecimento deficiente por parte das concessionárias públicas (WERNECK, 2006).

O aproveitamento da água de chuva em grandes cidades tem a função de diminuir o impacto sobre os mananciais e ajudar no controle de enchentes, no entanto, para que isso ocorra de forma eficiente é necessária uma maior interação entre os setores envolvidos (usuários e fabricantes de materiais e equipamentos) para que sejam produzidas técnicas viáveis, adequadas à nossa realidade além de leis e regulamentos que sejam encorajadores (ABCMAC, 2016).

No Brasil, em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba o armazenamento da água da chuva está previsto em lei, e tem sido utilizado com o objetivo de diminuir o escoamento superficial e a retenção de águas pluviais, contribuindo para o controle de inundações decorrentes de intensas precipitações em função dos altos índices de impermeabilização destas áreas (HAGEMANN, 2009).

Segundo Tomaz (2010), países como o Japão, e a Alemanha são os países que estão mais avançados no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Assim como os Estados Unidos, a Austrália e a Singapura que também estão desenvolvendo pesquisas na área de aproveitamento de água de chuva.

2.3.1 Captação da água da chuva na Região Nordeste

De acordo com Hagemann (2009), o aproveitamento de água da chuva tem sido praticado principalmente na região Nordeste, devido ao problema da escassez hídrica, que é característica daquela região.

Tomaz (2010), relata que a região do Nordeste possui índices pluviométricos entre 250 e 600 mm/ano o que aumenta a necessidade de esforços governamentais na região. Lembrando que na Amazônia o volume de chuva por ano chega a 3.000 mm e no centro do país 1.300 mm.

Nas regiões áridas e com grande escassez de águas subterrâneas ou até mesmo impróprias para o uso potável, por conter minerais e sais que são de difícil remoção, o aproveitamento da água da chuva é indicado como uma alternativa viável, podendo utilizar esta água para a irrigação e outros fins, permitindo assim que a água fique disponível no meio ambiente para atender as necessidades da biota local (CAMPO & NETO, 2003).

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul, de acordo com os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), apresenta distribuições de precipitação equilibradas durante o ano, porém o volume de chuvas é diferente nas diversas regiões do Estado. Verifica-se que a região sul apresenta uma precipitação média anual entre 1299 e 1500 mm, e o norte apresenta precipitações médias entre 1500 a 1800 mm.

2.5 QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS

A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica, condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.) e com a presença ou não de vegetação (TOMAZ, 2010).

Os padrões de qualidade da água devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, sendo os usos menos restritivos observados no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade e frequência de monitoramento de água da chuva para usos não potáveis de acordo com a NBR 15527

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uTb , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH c
Deve prever ajuste do pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: adaptado da NBR 15527 (ABNT, 2007)

Nota: ¹ No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

² uT é a unidade de turbidez.

³ uH é a unidade Hazen.

2.6 LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

O aproveitamento das águas de chuva para fins não potáveis está se tornando cada vez mais utilizado. Nesta revisão bibliográfica foram encontradas algumas leis que incentivam a implantação deste sistema no Brasil e em outros países.

Não existem muitas leis que tratam de Captação e Armazenamento da Água da Chuva, mas, por exemplo, a lei Nº 13153 de 30 de julho de 2015, que institui a política nacional de combate à desertificação, estabelece que o poder público deve construir sistemas de captação e uso da água da chuva nos locais onde existem efeitos da seca ou em áreas que estejam em processo de degradação da terra (BRASIL, 2015). Portanto, apesar da falta de detalhes sobre sua realização, observa-se a necessidade da utilização da água da chuva como uma alternativa de aproveitamento deste recurso natural.

O Município de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul, foi o primeiro a adotar as medidas para a captação de água da chuva, através da criação da Lei nº 10.506 de 2008, que instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas, com o objetivo de promover medidas necessárias à conservação, redução do desperdício e à utilização de fontes alternativas para a captação e o aproveitamento da água nas edificações, assim como à conscientização dos usuários sobre a sua importância para a vida.

A NBR 10844 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, de Instalações prediais de águas pluviais traz as “exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia” (ABNT, 1989).

O aproveitamento da água da chuva em coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis está descrito na NBR 15527 (ABNT, 2007). Essa norma descreve recomendações sobre a realização do sistema de captação da água da chuva, modelos de dimensionamento para os sistemas, parâmetros a serem seguidos, prazos das manutenções, processo de desinfecção, entre outros.

2.7 ESCOLAS SUSTENTÁVEIS

Buscando promover uma melhoria na qualidade de ensino e da sustentabilidade socioambiental nas unidades escolares, a Resolução CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013, instituiu o Manual Escolas Sustentáveis, que apresenta o Programa Dinheiro Direto na Escola (PDDE) como uma forma de utilizar recursos em Escolas Sustentáveis e preconiza a utilização dos recursos em obras com o fim de educar para a sustentabilidade (Resolução nº 18, 2013).

A partir do trabalho de Heberle e Lindner (2017) podemos ver um exemplo prático de uma escola que se tornou sustentável, que consistiu em projetar o sistema de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva para uma escola Pública de Ipirá, SC. O período de precipitação adotado foi de 5 anos (2005-2011), foi escolhida a cobertura do ginásio para captação em razão da sua área e facilidade de instalação, as demandas diárias de 3.300 L e mensal 50 m³ de água não potável (aproveitamento em sanitários, calçadas e jardins), foram obtidas com consultas a funcionários e dados bibliográficos. O método utilizado para dimensionamento foi o Método de Rippl, os reservatórios projetados foram de: 1.000 L (descarte), 5.000 L (elevado), 15.000 L (cisterna subterrânea), e para o bombeamento da água, foi adotada uma bomba de 1/2 CV. O orçamento dos materiais totalizou em R\$ 32.596,55.

Carli et al; (2013) investigou a importância da realização de campanhas relacionadas a educação ambiental dentro de instituições de ensino, para funcionários e alunos, sobre a necessidade de economizar água individualmente, abordando formas de minimizar o desperdício, assim como alternativas para o uso sustentável da água.

Pensando no difícil acesso à água nas escolas da região do Semiárido o Programa Cisterna nas Escolas construiu 3.820 tecnologias sociais para captar e armazenar água da chuva nas escolas do Alagoas, Ceará, Bahia, Sergipe, Rio Grande de Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Minas Gerais (ASA, 2017).

2.8 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

2.8.1 Área de captação

De acordo com a NBR 10.844, a área de contribuição é a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação (ABNT, 1989).

Para Carvalho et al; (2007), um dimensionamento correto do reservatório de armazenamento é de suma importância para a viabilidade técnico-econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Segundo Tomaz (2010), há uma diferença entre o volume de água precipitado e o volume a ser coletado. Para isso existe o coeficiente de escoamento superficial, ou Coeficiente de Runoff como é conhecido, que significa a relação entre o volume de água de chuva que escoar e o volume total de água precipitada no telhado, que irá variar a cada superfície. A perda dessa água está relacionada à evaporação, à absorção da água pelo material, à limpeza do telhado, dentre outras possíveis perdas.

Na Tabela 1, estão apresentados os valores para o coeficiente de Runoff em diferentes materiais utilizados em sistemas de captação da água da chuva.

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff médios verificados para diferentes materiais

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2010)

2.8.2 Calhas e Condutores

Calhas são peças que recolhem a água de coberturas, terraços e similares e a conduzem a um ponto de destino. Devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. Os condutores horizontais e verticais são elementos que conduzem a água até o reservatório e, do mesmo modo que as calhas, devem atender à NBR 10.844 (ABNT, 1989).

As calhas e condutores verticais deverão obedecer às normas brasileiras de instalações de águas pluviais da NBR 10.844. As calhas, condutores e superfícies horizontais deverão ter declividades mínimas de 0,5%.

O material de fabricação das calhas deve ter as seguintes características: ser resistente à corrosão, ter longa durabilidade, não deve ser afetada por mudanças de temperatura, lisa, leve e rígida (TOMAZ, 2010). O diâmetro interno mínimo de condutores verticais de seção circular é de 70mm. A NBR 10844/89 aconselha ainda que a drenagem deva ser feita por mais de uma saída, exceto em casos em que não houver riscos de obstrução, e se for necessário realizar desvio, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°. Podem ser instalados externamente ou internamente no edifício.

2.8.3 Grades, Peneiras e Filtros

Segundo Tomaz (2010), com o objetivo de reter materiais sólidos que estão no corpo de água usam-se grades, telas, peneiras e filtros. As grades para este tipo de sistema, são fixas e podem ser retiradas para limpeza, sua manutenção prevista é sempre manual. Em relação às peneiras, são encontradas no Brasil de patente alemã, com objetivo de retenção de sólidos maiores que 0,27 mm, e vantagens como a limpeza automática e facilidade de manutenção, porém o alto custo o torna inviável em alguns casos.

Já em relação aos filtros, são aparelhos destinados a melhoria da qualidade da água para uso doméstico (NBR 14.908/2002). O objetivo dos filtros são basicamente: retenção de partículas, redução de cloro livre e redução de bactérias.

2.8.4 Reservatório de armazenamento

O reservatório de armazenamento da água da chuva tem a função de reter e acumular a água captada. O dimensionamento depende de três fatores principais: demanda a ser atendida, área de captação e características pluviais do local (ANA, 2004). Para um sistema de aproveitamento de água pluvial, o dimensionamento do reservatório representa a maior parte do investimento, apresentando-se como o principal componente do sistema, sendo que este determinará a viabilidade técnico-econômica (TOMAZ, 2010).

Os reservatórios devem atender à NBR 15527, devendo ser considerados no projeto os seguintes itens: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície, sendo recomendado que a retirada seja feita a 15 cm da superfície (ABNT, 2007).

O dimensionamento dos reservatórios de captação de água da chuva pode ser realizado através de 6 métodos de acordo com a NBR 15527/07: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Abaixo será descrito como cada um funciona:

a) Método de Rippl

O Método de Rippl é o mais utilizado no sistema de aproveitamento da água da chuva, pois é simples e de fácil aplicação. Ele geralmente apresenta o valor máximo do volume do reservatório (TOMAZ, 2010). Neste método é possível usar as séries históricas mensais ou diárias, de acordo com as Equações 1, 2 e 3:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (1)$$

$$Q_{(t)} = C * P_{(t)} * A \quad (2)$$

$$V = \sum S_{(t)} \quad (3)$$

Sendo que: para $V = \sum S_{(t)}$, utiliza-se somente os valores $S_{(t)} > 0$ e considerar $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$.

Onde:

$Q_{(t)}$ = Volume de chuva aproveitável no período t (m^3);

$P_{(t)}$ = Precipitação média no período t (m);

A = Área de captação (m^2);

C = Coeficiente de escoamento superficial;

$D_{(t)}$ = Volume da demanda a ser atendida no período t (m^3);

$S_{(t)}$ = Volume de água no reservatório no período t (m^3). Os valores negativos indicam excesso de água e os valores positivos indicam que o volume de demanda é superior ao volume de água disponível;

V = Volume máximo do reservatório (m^3). Corresponde às diferenças acumuladas do volume de demanda pelo volume de chuva, considerando somente os valores positivos.

Para este método é admitida a hipótese de que o reservatório está inicialmente cheio (TOMAZ, 2010).

b) Método da Simulação

Esse método é baseado na determinação do percentual de consumo que será atendido em função de um tamanho de reservatório previamente definido (RUPP, 2011). Também conhecido como método de análise de simulação de um reservatório com capacidade suposta. De acordo com a NBR 15527/07, para a aplicação deste método, a evaporação da água não é levada em conta, como é possível analisar nas Equações 4 e 5:

$$Q_{(t)} = P_{(t)} * A * C \quad (4)$$

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}, \text{ sendo que } 0 \leq S_{(t)} \leq V \quad (5)$$

Onde:

$Q_{(t)}$ = Volume de chuva no período t ;

$P_{(t)}$ = Precipitação média no período t (m);

A = Área de captação (m^2);

C = Coeficiente de escoamento superficial;

$S_{(t)}$ = Volume de água no reservatório no período t ;

$S_{(t-1)}$ = Volume de água no reservatório no período $t - 1$;

$D_{(t)}$ = Volume da demanda a ser atendida no período t (m^3);

V = Volume do reservatório fixado.

c) Método Azevedo Neto

Trata-se de um método prático que visa obter o volume de reservação direto de uma equação, onde são necessários 3 parâmetros, descritos na equação abaixo (ABNT, 2007):

O volume da chuva é obtido pela equação abaixo:

$$V = 0,0042 * P * A * T \quad (6)$$

Sendo:

V: Volume de água do reservatório (m³);

P: Precipitação média anual (mm);

T: N° de meses de “pouca chuva” ou seca durante o ano;

A: Área de captação (m²).

d) Método Prático Alemão

É um método empírico que utiliza o menor valor do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação captada.

$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06 \text{ (6 \%)}.$

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V_c ; D) * 0,06 \quad (7)$$

Sendo:

V_{adotado} : Volume do reservatório (m³);

V_c : Volume anual de água pluvial captada (m³);

D: Demanda anual de água não potável (m³)

e) Método Prático Inglês

Neste método, o volume do reservatório é obtido pela aplicação de uma equação empírica, que adota direto 5% do volume anual de água pluvial captado:

$$V = 0,05 * A * P \quad (8)$$

Sendo:

V: Volume do reservatório (m³);

A: Área de captação (m²);

P: Precipitação média anual (mm).

f) Método Prático Australiano

Neste método considera-se a precipitação mensal. A norma 15.527 considera que 2mm são perdidos por evaporação e pela água que molha as superfícies. (ABNT, 2007).

$$Q = A * C * (P - I) \quad (9)$$

Sendo:

Q: Volume mensal de chuva captada (m³);

A: Área de captação (m²);

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

P: Precipitação média mensal (mm);

I: Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (mm).

O cálculo do volume do reservatório é feito por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (10)$$

Sendo:

$V_{(t)}$: Volume de água que está no reservatório no final do mês t (m^3);

$V_{(t-1)}$: Volume de água que está no reservatório no início do mês t (m^3);

$Q_{(t)}$: Volume mensal produzido pela chuva no mês t ;

$D_{(t)}$: Demanda mensal (m^3).

Considerar que no primeiro mês, o reservatório estará vazio.

$$\text{Quando } (V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}) < 0, \text{ então o } V_{(t)} = 0 \quad (11)$$

O volume do tanque escolhido será T .

Após se calcula a confiança a fim de verificar a eficácia do reservatório.

$$Pr = \frac{Nr}{N} \quad (12)$$

Sendo:

Pr : Falha;

Nr : N° de meses em que o reservatório não atendeu à demanda ($V_{(t)} = 0$);

N : N° de meses considerados.

$$\text{Confiança} = 1 - Pr \quad (13)$$

O método recomenda que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

2.8.5 Manutenção

Deve-se realizar manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva, como demonstrado na Tabela 2:

Tabela 2 - Frequência de manutenção do sistema de captação de água da chuva

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: adaptado da NBR 15527 (ABNT, 2007)

2.9 USOS DA ÁGUA CAPTADA

O tratamento da água da chuva depende das características e qualidade da água coletada e do seu subsequente uso. As concentrações de poluentes, e outras impurezas nas águas pluviais são maiores nos primeiros milímetros da chuva, assim recomenda-se principalmente a filtração simples, além do descarte da primeira chuva (OLIVEIRA et al., 2014).

Segundo a norma 15527 da ABNT (2007) a água captada deve ser utilizada somente para fins não potáveis (dependendo do tratamento utilizado), destacando-se: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios e usos industriais.

O setor agrícola é responsável por 72% do uso de água potável no mundo e, de acordo com um estudo realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP) com intuito de avaliar a qualidade das águas pluviais para sua utilização na irrigação, verificou-se que a água da chuva coletada na pesquisa poderia ser utilizada sem problemas na irrigação, pois apresentou níveis de concentração de nitrato, coliformes termotolerantes, sulfato, ferro total e pH abaixo dos limites permitidos pela Resolução CONAMA 357/05, (LEITE et al., 2012).

Todas as fontes de energia necessitam de água em seus processos de produção, tais como: na extração de matérias-primas, refrigeração de processos térmicos, sistemas de lavagem e turbinas de geração de energia hidroelétrica. É esperado que o consumo mundial de energia aumente aproximadamente 50% até 2035, em consequência ao crescimento populacional e desenvolvimento das atividades econômicas. Além disso, a água também é utilizada em muitos processos industriais e com o aumento da atividade econômica, ocorre maior demanda por água para usos industriais. Já sobre o consumo humano, a fonte principal de demanda são os núcleos urbanos, que requerem água potável e utilizam a água para saneamento e drenagem (UNESCO, 2012).

2.10 ANÁLISE ECONÔMICA

Segundo May (2004), a viabilidade do sistema depende de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda. O reservatório de água da chuva, é o

componente com custo mais elevado do sistema, que deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica local para dimensioná-lo corretamente, sem tornar o sistema economicamente inviável.

De acordo com a CORSAN (2017), as tarifas cobradas pela concessionária estão relacionadas aos custos de operação e manutenção, custos econômicos, esgotamento sanitário, e questões ambientais quando houver. Além disso, verifica-se cada vez mais uma concorrência pelo uso da água e uma enorme degradação de sua qualidade decorrente da má gestão dos recursos hídricos. Portanto, há uma grande possibilidade de que as taxas possam aumentar cada vez mais devido à grande demanda pela água potável e sua possível escassez.

2.10.1 Tarifa de água cobrada no município de Cerro Largo

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2012), o abastecimento de água no Município de Cerro Largo é realizado pela CORSAN e no interior do Município, pela Administração Municipal. As tarifas da CORSAN são estabelecidas segundo as categorias das economias abastecidas, são elas: I - Residencial Social “A” e “A1”/10m³; II – Residencial “RB”/10m³; III - Pública “P”/20m³; IV - Industrial “I”/30m³, V - Comercial “C”/20m³; VI - Comercial “C1”/10m³;

O Serviço Básico da CORSAN para o ano de 2018, é de R\$ 86,19 isso inclui a disponibilidade de água tratada, consertos, manutenções em hidrômetros, verificação de qualidade da água recebida. Já o Preço Base do m³ é de R\$ 5,80 para categoria pública, a qual se encaixa a escola, porém a partir de 20m³, o Preço Base do m³ de água é variável, aplicando-se um aumento exponencial (CORSAN).

3 METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTOS

Após a revisão bibliográfica, que permite compreender o tema, foi elaborada uma proposta para a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma escola agrícola, mais especificamente na escola Municipal Padre José Schardong, localizada no Município de Cerro Largo/RS. O objetivo do trabalho foi elaborar um sistema que atendesse aos banheiros coletivos, frequentados pelos alunos. O estudo prático consistiu no dimensionamento de um reservatório de água de chuva por um dos métodos recomendados pela NBR 15527/2007.

Para o levantamento dos dados de consumo, e verificação das instalações existentes foram feitas visitas técnicas onde foram obtidas as informações como a quantidade de alunos que frequentam a escola, estimativa do volume gasto de água nas bacias sanitárias, áreas das construções, além do que, para auxiliar na elaboração do projeto foram solicitadas as plantas arquitetônicas da escola. As visitas no local também auxiliaram na localização das estruturas de calhas existentes, tipo de instalação hidráulica possível e espaço destinado a instalação dos sistemas de reservação. Após a obtenção dessas informações, foram elaborados os dimensionamentos do reservatório, do sistema de bombeamento, e a verificação os materiais que seriam utilizados. Após essa etapa, foi realizado um levantamento de custos relacionados à implementação do sistema de reservação, ao consumo e a previsão de economia de água potável, a fim de verificar a viabilidade econômica do sistema de captação de água pluvial para a escola.

3.2 CARACTERIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDO

O município de Cerro Largo está situado na região das Missões, Noroeste do estado do Rio Grande do Sul - RS. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2012), tem como coordenadas 28° 08' 55" de latitude sul e 54° 44' 17" de longitude oeste, com uma altitude média de 211 metros, com área territorial de 177,676 km² e uma população estimada para 2017 de 14.069 habitantes, com um clima predominante subtropical úmido. Na Figura 1, é possível observar o mapa do Estado do Rio grande do Sul com a localização de Cerro Largo – RS.

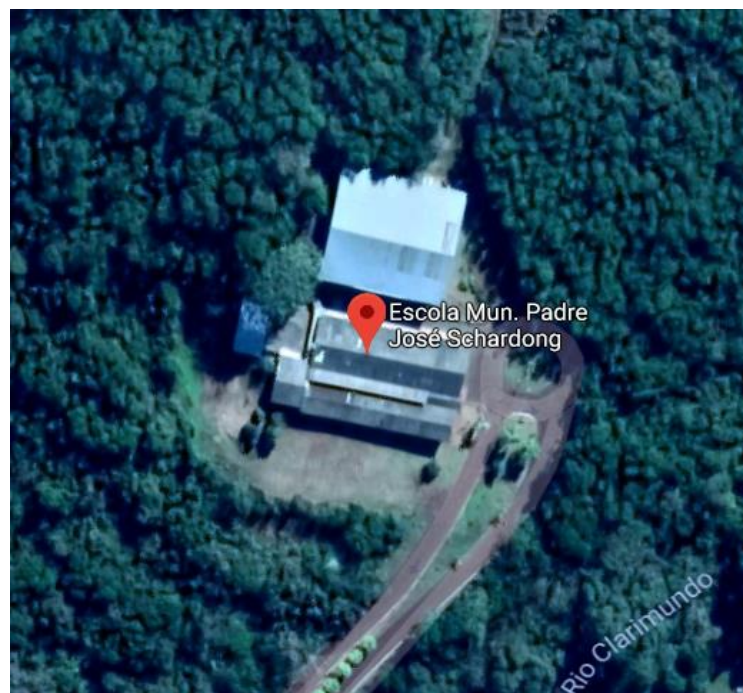
Figura 1- Situação do município no Estado do RS



Fonte: IBGE

O projeto foi desenvolvido na Escola Municipal de Ensino Fundamental Padre Jose Schardong, localizada na rua Jacob Reinaldo Haupenthal 3201, no município de Cerro Largo – RS, nas coordenadas, $-28^{\circ} 12' 72,18''$, $-54^{\circ} 75' 04,34''$. Na figura 2 é possível ver a vista aérea da localização da escola.

Figura 2 - Vista aérea da área da escola



Fonte: Google Maps

O funcionamento ocorre no período da manhã e da tarde, atualmente a escola tem 345 alunos, 27 professores, 4 funcionários, 1 monitor e 1 secretária. Os serviços de saneamento básico são geridos pela Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN), sendo a distribuição de água proveniente de água subterrânea, seu funcionamento é no período da manhã e tarde.

A escola passou por algumas modificações arquitetônicas, e a prefeitura não dispõe de projetos arquitetônicos completos da edificação atual. Atualmente a escola conta com 2 blocos principais, e ao fundo há 2 salas de aula, sendo que há em projeto a construção de mais um pavilhão que ligará as salas ao bloco principal.

Não será apresentado cálculo do dimensionamento de calhas, visto que, será realizado um aproveitamento da estrutura das calhas existente na escola, visando reduzir os custos de implementação do novo sistema, será necessário coloca-las apenas em uma pequena área, e essas serão similares as já existentes no local. Na Figura 3 são demonstradas as calhas já instaladas, com material de chapas galvanizadas, no corredor e ao lado banheiro, antes de chegar no reservatório.

Figura 3 - Instalações da escola com demonstração das calhas já instaladas



Fonte: Elaborada pelo autor

3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

3.3.1 Previsão de consumo

Esse projeto prevê que a água coletada nos telhados da escola seja destinada ao uso em descargas de bacias sanitárias. A escola é provida de 4 banheiros femininos e 4 banheiros masculinos, os quais são utilizados apenas pelos alunos, portanto 345 alunos, não sendo avaliados outros usos possíveis para o sistema na edificação. A fim de estimar o volume de água utilizada pelos vasos sanitário recorreu-

se a literatura, pois hoje a escola é abastecida com água de poço de responsabilidade do município, e, portanto, não há os valores exatos do volume gasto, visto que essa água atualmente não é cobrada e assim, não há a existência de hidrômetros no local. Tomaz (2010), fornece as taxas e frequências mais usadas na prática na tabela 3:

Tabela 3 - Taxas e Frequências

Taxas e frequências	
Descargas médias em bacias sanitárias	9,0 L/descarga
Frequência estimada	2x/dia

Fonte: Elaborada pelo autor.

Sendo assim, a tabela 4 demonstra o volume diário e mensal utilizado nas bacias sanitárias dos banheiros dos alunos, que possui 345 alunos, considerando duas descargas diárias por aluno, e que cada descarga perfaça um volume de 9 litros.

Tabela 4 - Demanda diária e mensal de água estimada para escola.

Demanda	Unidade	Volume de água
Diária	m ³ /dia	6,2
Mensal (20 dias úteis no mês)	m ³ /mês	124,2

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3.2 Área de contribuição

O sistema irá utilizar os telhados da escola como superfícies responsáveis pela captação da água da chuva, que será conduzida pelas calhas até o armazenamento em reservatórios. Como na escola já havia um sistema de calhas e condutores verticais, estes serão adaptados, direcionando o escoamento da água da chuva ao reservatório de armazenamento através de condutores horizontais. Os telhados compreendem um bloco principal (584,80m²), banheiros (59,65 m²), salas de aula (55,75 m²) e ainda uma área onde será construído outro bloco (113,75), somando uma área total de 814 m².

De acordo com a Tabela 1, de Runoff vista na revisão bibliográfica, como o telhado é constituído por telhas de cimento amianto, o coeficiente varia entre os valores 0,80 a 0,90, sendo que, quanto mais próximo a 1, maior é o escoamento de água.

3.3.3 Precipitação em Cerro Largo

A quantidade de precipitação é um fator determinante para o sistema de captação, sendo assim, o índice anual de chuva do local onde se deseja instalar o sistema é uma informação fundamental para dar início ao projeto.

A cidade de Cerro Largo não possui uma estação pluviométrica credenciada ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), portanto os dados foram coletados da estação da cidade de São Luiz Gonzaga que fica em média 42 km da escola.

Para os cálculos em questão, obteve-se os dados que compreendem 10 anos de monitoramento (2008 a 2017), onde foi calculada a média mensal e anual, somando os valores das precipitações dos meses de janeiro a dezembro de cada ano e dividindo pelo número total de meses (12).

Os dados pluviométricos foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do INMET da estação pluviométrica de São Luiz Gonzaga. As precipitações médias mensal e anual para o município são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Dados das precipitações mensais e anuais nos anos de 2008 a 2017 para o município de Cerro Largo - RS.

ANO	MESES												Total anual	Média anual
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
2008	140,1	136,9	53,3	195,2	89,4	189	50,9	132,5	80,9	483,5	47,9	40,3	1639,7	136,7
2009	126,3	131,7	44	7,5	156,1	102	122,1	193,7	224,9	176,3	672,2	214,5	2170,8	180,9
2010	399,1	244,5	93,3	150,6	138,6	73,3	217,6	13,6	279,2	118	48,6	231,4	2007,8	167,3
2011	108,2	193	141,4	178,2	82,5	145,7	162,9	150	90,1	237,1	82,7	38,3	1954,8	162,9
2012	49,4	48,7	62,9	94,2	16,2	59,8	81,1	82,2	113,4	454,4	67,2	348,1	1477,2	123,1
2013	198,3	160,3	268,4	273	141,4	55,5	157,2	111,6	104,2	179	139,9	179,1	1966,8	163,9
2014	203,9	118,3	170,9	104,4	329,8	241,2	167,7	56,2	284,8	253,5	64,6	368,8	2364	197
2015	316,5	80	140,5	210,9	194,4	265,1	139,7	64,4	111	203,1	354,4	778,8	2858,4	238,2
2016	103,1	191	197,9	291,2	101,4	6,4	74,1	107,3	46,1	314,8	151,8	147,8	1732,8	144,4
2017	217,3	148,8	222,8	443,4	576,8	143,8	8	262,1	110,7	267,3	178,3	126,1	2704,8	225,4
Média mensal	186,2	145,3	139,5	194,9	182,7	128,2	118,1	117,4	144,5	268,7	180,8	247,3		

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3.4 Fatores meteorológicos

A determinação da intensidade pluviométrica “I”, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. É tomado como base dados pluviométricos locais (ABNT NBR 10844/1989). Já a intensidade de uma precipitação em uma região pode ser calculada pela fórmula empírica, apresentada na equação abaixo:

$$I = \frac{a * Tr^n}{(t + b)^m} \quad (14)$$

Onde:

a, b: São parâmetros a serem determinados para cada local;

m,n: Expoentes a serem determinados para cada local.

I: Intensidade em (mm/hora)

t: Duração do evento em minutos

Tr: Tempo de recorrência em anos.

O período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada obedecendo ao estabelecido na ABNT NBR 10844/1989:

$T_r = 5$ anos, para coberturas e/ou terraços;

Ainda por determinação da ABNT NBR 10844/1989, a duração da precipitação deve ser fixada em $t = 5$ min.

3.3.5 Área de contribuição

Na determinação da vazão, é necessário conhecer a área de contribuição, de acordo com a equação dada pela ABNT NBR 10844/1989:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b \quad (15)$$

Em que: A é a área de contribuição (m^2); “a” é a largura (m); h a altura (m); e b o comprimento (m).

3.3.6 Vazão de projeto

Segundo as orientações da ABNT NBR 10844/1989, a vazão de projeto deve ser calculada pela fórmula:

$$Q = \frac{I * A}{60} \quad (16)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m²

Lembrando que essa vazão é utilizada no cálculo das calhas, e não dos reservatórios.

3.3.7 Reservatório de armazenamento

O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, coeficiente de Runoff, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P * A * C \quad (17)$$

Onde:

V = volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P = precipitação média anual, mensal ou diária;

A = área de coleta;

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

3.3.8 Dimensionamento pelo Método de Rippl e pelo Método de Azevedo Neto

O volume que o reservatório de água de chuva deve armazenar, é a uma das questões mais importantes do sistema. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), existem 6 métodos para encontrar esse volume, podendo ser citados os Métodos de Azevedo Neto, de Rippl, da Simulação, o Prático Inglês, o Prático Alemão, e o Prático Australiano.

Neste projeto, foi utilizado o Método de Azevedo Neto, que de acordo com Barroso e Ouriques (2009) é um método prático, utilizado para comparação entre os métodos escolhidos. E o Método de Rippl que conforme Tomaz (2010), é o método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva por sua simplicidade e facilidade de aplicação.

Para isso foram necessários os dados de precipitação média anual, área de coleta em projeção e número de meses de pouca chuva ou seca, obtendo-se através da equação um volume de água aproveitável. Uma vez realizado o dimensionamento pelos métodos acima citados, será feita uma comparação e optado pela melhor alternativa de dimensionamento.

a) Método de Azevedo Neto

Para o Método Azevedo Neto o volume do reservatório foi obtido pela equação 6. Pelos dados pluviométricos obtidos pelos dados da Estação de São Luiz Gonzaga para a região, a precipitação média anual é de 173,9 mm e são 9 os meses com pouca chuva ou seca, conforme Favretto (2016), quando a precipitação fica abaixo de 100mm.

Este método considera a pior média de precipitação anual, e o número de meses em que a chuva não foi suficiente. Com base nisso, adotamos o ano de 2012 como o de pior precipitação, sendo esta de 123,1 mm.

$$V = 0,042 * 123,1 * 814 * 9 = 37.892,2 \text{ L ou } 37,9 \text{ m}^3$$

Os cálculos do Método Azevedo Neto sugerem um reservatório de 37,9 m³.

b) Método de Rippl

Neste método os dados de entrada são: a precipitação média mensal, a área de captação, a demanda mensal e o coeficiente de Runoff, valores que já foram determinados. Para o dimensionamento do reservatório devem ser utilizadas as equações 1, 2 e 3. A partir da Tabela 5 foi possível obter o valor de 234,5 m³ para o volume do reservatório.

Para uma melhor demonstração, foi desenvolvida a Tabela 5, com os dados utilizados para o cálculo do reservatório pelo Método Rippl para demanda constante.

Tabela 5 - Cálculos pelo método de Rippl entre os anos 2008 e 2017

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva (m³)	Demanda de chuva (m³)	Diferença acumulada (m³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro	186,2	124,2	814	121,2	3	3
Fevereiro	145,3	124,2	814	94,6	29,6	32,6
Março	139,5	124,2	814	90,8	33,4	66
Abril	194,9	124,2	814	126,9	-2,7	63,3
Mai	182,7	124,2	814	118,9	5,3	68,6
Junho	128,2	124,2	814	83,5	40,7	109,3
Julho	118,1	124,2	814	76,9	47,3	156,6
Agosto	117,4	124,2	814	76,4	47,8	204,4
Setembro	144,5	124,2	814	94,1	30,1	234,5
Outubro	268,7	124,2	814	174,9	-50,7	183,8
Novembro	180,8	124,2	814	117,7	6,5	190,3
Dezembro	247,3	124,2	814	161,0	-36,8	153,5

Fonte: Adaptada pelo autor de Tomaz (2007)

Onde, de acordo com Tomaz 2007:

Coluna 1 – Meses: Corresponde aos meses do ano (janeiro a dezembro dos anos de 2008 a 2017);

Coluna 2 – Chuva média (mm): Precipitação média mensal de 2008 a 2017;

Coluna 3 – Demanda por água mensal (m³): Quantidade de água necessária não potável.

Coluna 4 – Área de captação (m²): Área de captação de água de chuva no objeto de estudo;

Coluna 5 – Volume de chuva (m³): Volume potencial de água de chuva (m³) em que o resultado é obtido através de chuva média x área de captação (m²) x coeficiente de Runoff (0,80) /1000 ou $Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A/1000$.

Coluna 6 – Demanda chuva (m³): É obtido através da diferença entre a coluna 3 e a coluna 5, onde sinal negativo representa o excesso de água e o sinal positivo representa déficit de água;

Coluna 7 – Diferença acumulada (m^3): diferença acumulada da coluna 6, referente aos valores positivos. O reservatório foi considerado cheio no início. Não são considerados os valores negativos da coluna 6, pois estes indicam que há água de chuva em excesso enquanto valores positivos indicam falta de chuva. A soma é iniciada a partir do primeiro valor positivo. O volume do reservatório é o valor máximo encontrado na coluna 7.

Segundo Tomaz (2007), o método de Rippl geralmente “superdimensiona” o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas.

3.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO

O sistema será composto de um reservatório inferior para armazenagem da água da chuva e um reservatório superior responsável pela distribuição para os banheiros. O seu funcionamento se dará pela água coletada nas coberturas, compostas por telhas de cimento amianto, e uma calha central, após ser captada a água é destinada aos condutores verticais, e então segue para o reservatório inferior, posicionado atrás dos banheiros. A partir do reservatório inferior a água será bombeada para o reservatório superior, que possui uma bóia automática, que será responsável por alimentar as bacias sanitárias.

3.5 BOMBEAMENTO DA ÁGUA

A água captada será conduzida por meio de gravidade até o primeiro reservatório, e a partir deste para o reservatório superior através de uma bomba hidráulica, cuja altura manométrica é de 4 metros. Posteriormente, a água será conduzida para outro reservatório para utilização nos banheiros feminino e masculino.

Após selecionada a potência da moto bomba e verificada a respectiva vazão ($m^3.h^{-1}$) para o seu funcionamento, foram estimados o tempo de funcionamento diário e o número de dias de uso no mês.

3.5.1 Consumo de Energia Elétrica do Sistema Elevatório

Segundo Marinoski (2007), para determinar os custos de energia elétrica devido ao bombeamento, são utilizados as informações referentes a bomba adotada

e os valores (R\$/kWh) cobrados pela RGE para a categoria em que se enquadra a escola. Tendo esses dados, é possível determinar o consumo de energia elétrica gasto com o bombeamento, conforme apresenta a equação:

$$CM_{energia} = P_{motobomba} * t * V$$

Onde:

CM é o custo mensal da energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombeamento de água pluvial (R\$);

P é a potência da motobomba (kW);

t é o tempo de funcionamento da motobomba (h/dia);

N é o número de dias de funcionamento da motobomba no mês; e

V_{valor} cobrado pela RGE pela energia elétrica consumida (R\$/kWh).

O valor cobrado pela RGE foi verificado conforme tarifa cobrada atualmente à escola, porém não será levado em consideração o valor do acréscimo das bandeiras verde, amarela e vermelha que são atribuídas ao valor final da conta, para questões de cálculo usaremos apenas a tarifa de R\$ 0,3281/Kwh.

3.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

a) Custos de água no município antes da instalação do sistema de captação pluvial

Para estimar o valor que seria gasto com o abastecimento público de água para a escola, apenas para a descarga das bacias sanitárias, foi calculado o volume mensal de água para as descargas, o valor da demanda é 124,2 m³ por mês. Tendo o volume médio mensal de água consumida, calculou-se o custo mensal para o abastecimento de água, multiplicando pelo valor da tarifa cobrada pela CORSAN, mais a taxa fixa de serviços básicos.

A CORSAN cobra um valor fixo de serviço básico de R\$ 86,19, e uma taxa de R\$5,80/m³ para categoria pública, porém esse valor é até 20m³, a partir desse valor essa taxa tem um acréscimo exponencial, para 124,2 m³ que é a demanda para os banheiros, o valor acrescido é de R\$ 1,11.

b) Custos de água no município depois da instalação do sistema de captação pluvial

Após a instalação do sistema de captação da água de chuva, como o reservatório terá um volume de 20000 L, menor do que o valor dimensionado, o aproveitamento se dará em função das precipitações bem distribuídas ao longo do

mês, para que o reservatório esteja sempre cheio, e quando as chuvas forem concentradas, irá extravasar e existirão dias em que a água armazenada nos reservatórios não será suficiente para atender a demanda dos banheiros da escola, sendo necessário utilizar água do abastecimento público.

3.6.1 Material necessário para instalação do sistema

Foi necessário elencar os materiais necessários para a implementação do sistema. Posteriormente, foi realizado um levantamento dos custos desses materiais, para se chegar ao valor total do sistema. O orçamento foi realizado no mês de junho de 2018, dos seguintes materiais: 1 reservatório de 5000 L, 1 reservatório de 20000 L, 1 moto bomba, tubulações de 25 mm, 50mm e 100mm, 4 CAPs, 5 curvas de 90° 100 mm, 1 registro 50 mm, 2 bóias, 2 joelhos 25 mm, 1 filtro de proteção para materiais grosseiros, calhas e todo material utilizado para instalação. A pesquisa de valores foi realizada em duas lojas da cidade de Cerro Largo, foram selecionados os valores mais baixos, a lista dos materiais com os preços está na tabela 6 nos resultados. Não foi levado em consideração os valores da mão de obra para construção do sistema, visto que, por se tratar de uma escola municipal, toda a mão-de-obra empregada na escola fica sob responsabilidade do município (por ser uma obra pequena e de fácil execução, não haveria a necessidade de terceirização dos serviços).

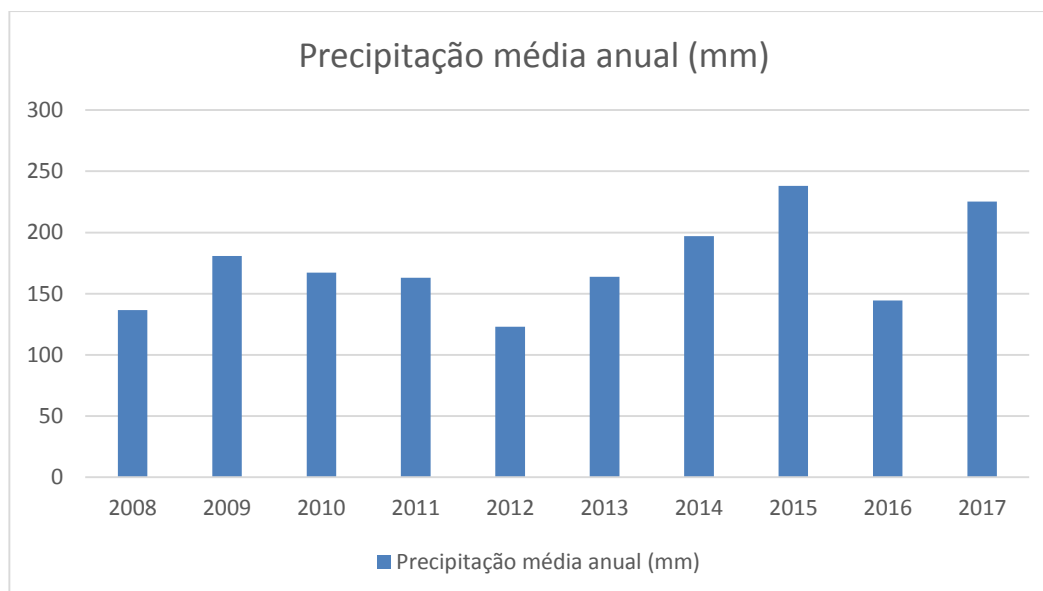
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA REGIÃO DE CERRO LARGO

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos por meio da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga, localizada na cidade de São Luiz Gonzaga/RS, a estação com a localização mais próxima ao local do estudo. Os valores de precipitação datam do período de 01/01/2008 a 31/12/2017 e por meio destes dados foi possível verificar um histórico do comportamento das precipitações na região de Cerro Largo- RS, em um período de 10 anos. Baseado nas afirmações de Cavalcanti et al. (2009), a região Sul tem características de clima subtropical com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, portanto, esses dados dão um indicativo da viabilidade de um sistema de aproveitamento de água da chuva na cidade de Cerro Largo.

De acordo com os dados de precipitação de Cerro Largo do quadro 2, constatou-se que a precipitação média anual é de 173,9 mm, observa-se que a precipitação média anual mais baixa foi de 123,1 mm no ano de 2012 e a mais alta foi de 238,2 mm no ano de 2015, conforme mostra a figura 4:

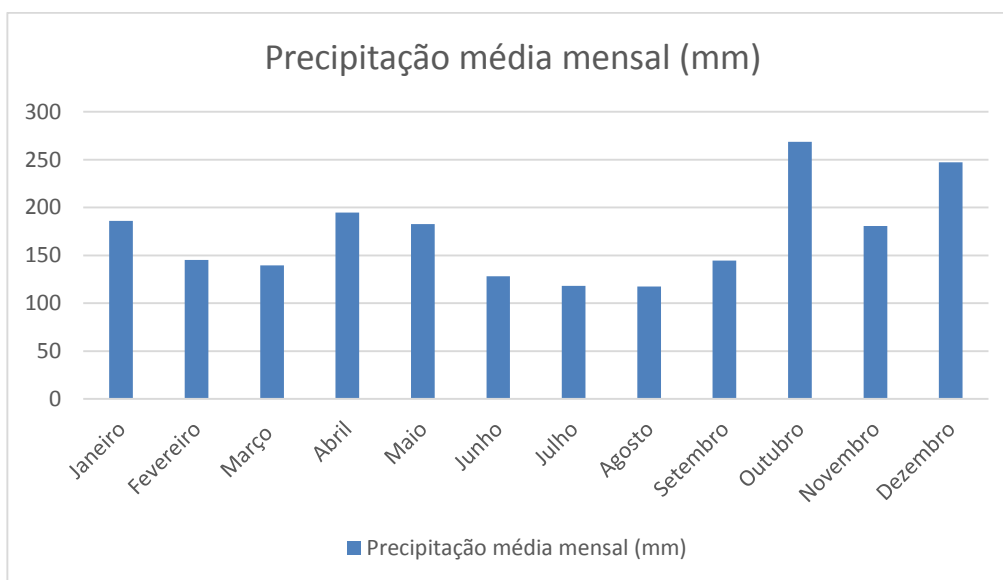
Figura 4 - Precipitação média anual na região de Cerro Largo – RS



Fonte: Elaborado pelo autor

Já a precipitação média mensal é de 171,1 mm. Através da figura 5 pode-se verificar que a precipitação média mensal mais baixa foi no mês de agosto dos anos de 2008 a 2017 com média mensal de 117,4 mm e a mais alta no mês de outubro de 268,7 mm.

Figura 5 - Precipitação média mensal na região de Cerro Largo – RS



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Cavalcanti et al. (2009), existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano, mesmo o mês mais seco ainda tem muita pluviosidade. A partir destes dados, observa-se que o aproveitamento de água de chuva é viável devido ao significativo índice pluviométrico anual na região de Cerro Largo.

4.2 FATORES METEOROLÓGICOS

Foi calculada a intensidade pluviométrica a partir do cálculo apresentado na equação 14, é considerado $T_r = 5$ anos e $t = 5$ minutos, que de acordo com a NBR 10844/87 ABNT apresenta um índice de intensidade pluviométrica para a cidade de São Luiz Gonzaga de 209 (mm/h), valor muito próximo ao de 213,68 (mm/h) calculado abaixo para a região da cidade de Cerro Largo.

$$I = \frac{1038,51 * 5^{0,15}}{(5 + 6)^{0,76}} = 213,68 \frac{mm}{h}$$

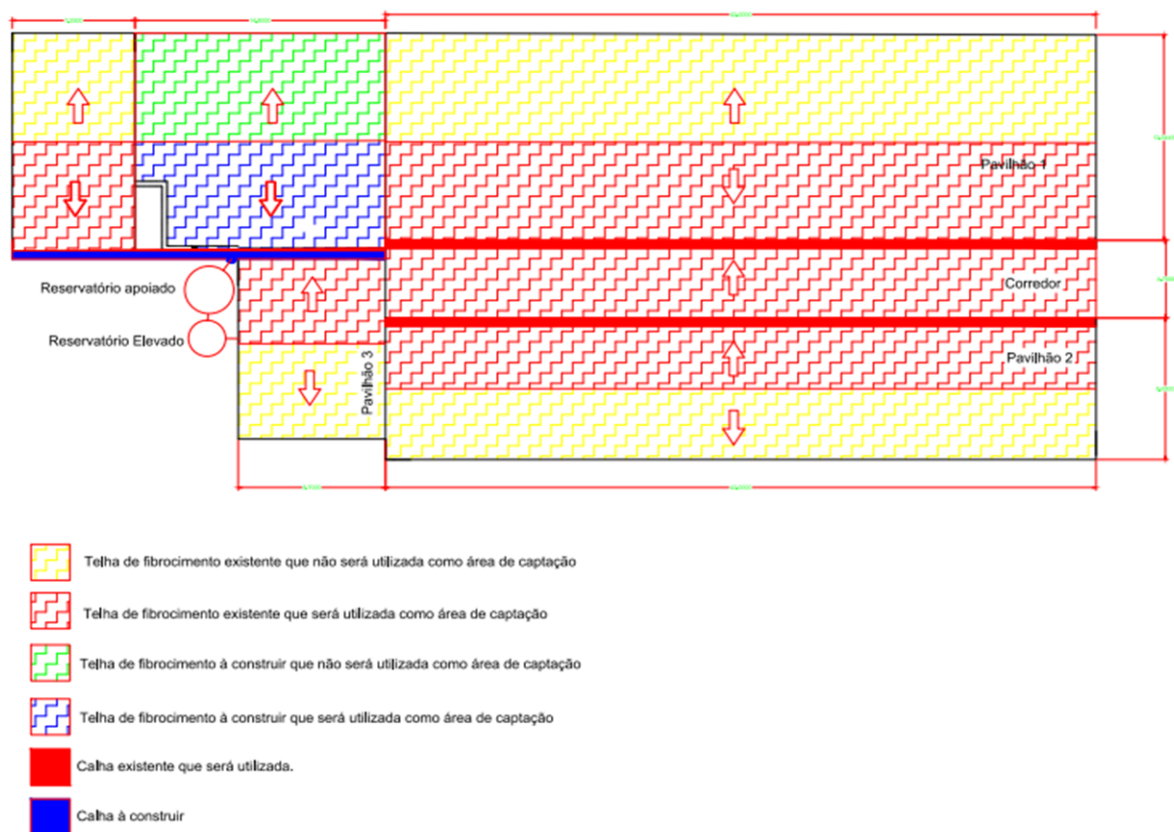
4.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

A partir da equação 15, foi encontrado o valor da área de contribuição total para o sistema, essas áreas compreendem um bloco principal de 584,80 m², os banheiros coletivos dos alunos de 59,65 m², as salas de aula do fundo de 55,75 m² e ainda uma área onde será construído outro bloco de 113,75 m², que irá interligar o bloco principal com as salas dos fundos, somando uma área total de 814 m².

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b = 814 \text{ m}^2$$

É possível analisar as áreas de contribuição na planta baixa da cobertura da escola na Figura 6, as faixas em vermelho são as calhas já instaladas e as áreas em vermelho são as de contribuição do sistema, em azul a área futura e as calhas que serão instaladas, as outras áreas em amarelo e verde não serão utilizadas.

Figura 6 - Planta baixa da cobertura da escola com a indicação das áreas de captação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4 VAZÃO DE PROJETO

A vazão de projeto deve ser calculada pela equação 16. A área de captação a ser utilizada na escola é de 814 m², referentes aos pavilhões:

$$Q = \frac{213,68 \text{ mm/h} * 814 \text{ m}^2}{60} = 2898,9 \frac{\text{L}}{\text{min}} \text{ ou } 173,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

4.5 CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA DA CHUVA APROVEITÁVEL

Segundo os critérios apresentados na NBR 15527 da ABNT (2007), o volume de água de chuva aproveitável deve ser calculado pela equação 17. Considerando a média de precipitação mensal obtida por meio dos dados históricos calculamos:

$$V = 0,1739 * 814 * 0,9 = 127,4 \text{ m}^3$$

Nota-se que, o volume de água não potável calculada é de 127,4 m³ por mês, e os dias úteis do mês, em torno de 20 dias, a demanda para as bacias sanitárias é de 124,2 m³, então a demanda é atendida pelo volume de água da chuva aproveitável.

4.6 BOMBEAMENTO DA ÁGUA ARMAZENADA

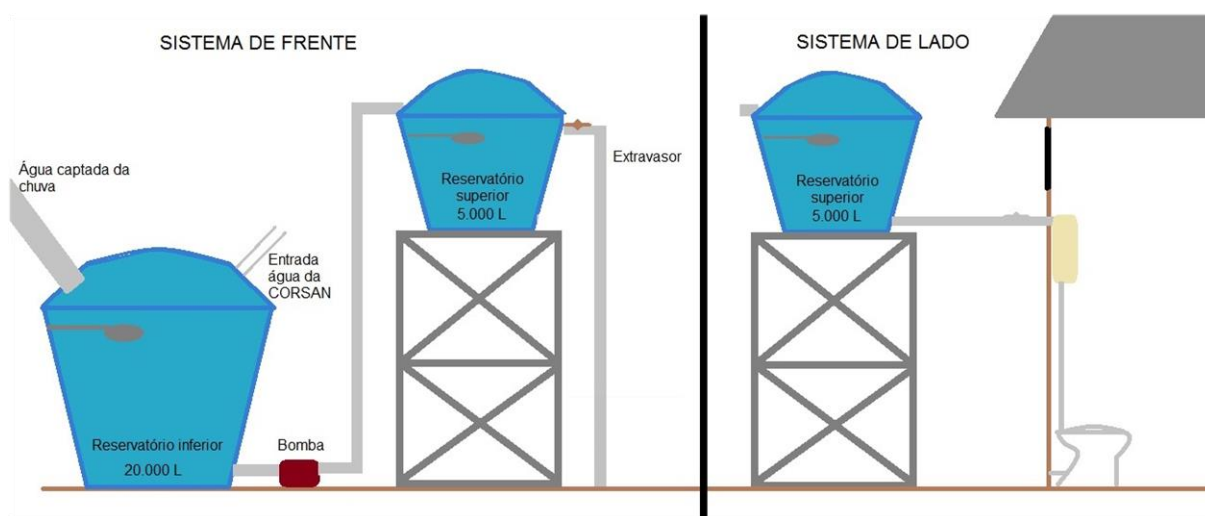
Como a escola possui 345 alunos divididos em 2 turnos, o reservatório precisará estar cheio nos dois períodos, portanto dividindo o número de alunos em manhã e tarde, a vazão de água necessária é de 0,31 m³/h para cada um dos turnos, com altura manométrica de 4 m, sendo assim a potência da bomba foi selecionada de acordo com as informações do fabricante, e foi escolhida a Bomba Periférica ½ Cv Eletroplas, de 0,37 Kw, e após isso foi estimado o tempo de funcionamento diário, essa bomba tem uma vazão de 1,8 m³/h, e uma altura manométrica total de 28 m.c.a, assim, serão necessários 20 min por dia para encher o reservatório. O número de dias de uso no mês serão 20. O dimensionamento da bomba de recalque teve por objetivo mensurar o consumo médio de energia elétrica.

Recomenda-se a instalação de uma boia automática que liga a bomba quando o nível do reservatório superior está baixo. O reservatório inferior é abastecido com a água da chuva, por gravidade. A ele também é acoplada uma boia. Quando o nível do reservatório inferior está baixo, a boia libera a entrada de água da rua (concessionária

CORSAN), a fim de evitar falta de água nos banheiros. O reservatório superior ficará a uma altura de 2,5 m do chão, e será localizado logo ao lado do reservatório inferior, gerando pressão suficiente para abastecer os banheiros por gravidade, como pode ser visto um esboço do desenho na Figura 7.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7 - Esboço do sistema do reservatório inferior e reservatório superior atrás dos banheiros.



4.7 RESULTADOS E COMPARAÇÕES DOS MÉTODOS

O bom funcionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva depende da quantidade de água que pode ser captada e utilizada para o atendimento da demanda, sendo este atendimento função das características pluviométricas da região, da área de captação e do volume do reservatório de armazenamento.

Os grandes volumes de reservatório obtidos para este estudo de caso podem ser justificados pelo fato da demanda de água para as bacias sanitárias ser muito elevada (LEMOS, 2017).

Em relação ao método de Rippl, o mesmo leva em consideração a distribuição pluviométrica média mensal e a demanda de utilização de água não potável, além da área de captação e todos os dados levantados no estudo para o dimensionamento. A partir dos estudos feitos por Werneck (2006), o grande volume do reservatório obtido para o método pode ser justificado pelo fato da demanda de água para as descargas dos banheiros coletivos ser muito elevada e pela variação das precipitações na região.

Segundo Tomaz (2010), o Método de Rippl apresenta o valor extremo do volume do reservatório em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais e é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima.

Já o método do Azevedo Neto, de acordo com Hagemann (2009) é muito utilizado por ser um método simplificado, mas em relação ao volume calculado para o reservatório, não é viável em relação a sua eficiência quando comparado com reservatórios menores.

Desta forma, na análise comparativa entre os dois métodos, ambos os volumes estimados de reservatório demandam uma área de construção muito elevada. Neste trabalho, pode-se observar que um método “superdimensiona” o reservatório enquanto o outro apresenta um volume abaixo do necessário para que o reservatório seja plenamente eficiente para atender o objetivo proposto.

Como a escola Padre José Schardong recebe água tratada regularmente, não há necessidade de armazenar água por longos períodos. Sendo assim, o reservatório pode ser menor e ao acabar o estoque de água de chuva, será consumida água potável nos pontos de consumo não potável, essa troca será feita quando a boia baixar seu nível. Visto que, não há uma área ampla disponível para receber esses grandes reservatórios, a ideia foi instalar reservatórios menores, que colaborem com a economia de água potável.

Segundo Frendich e Oliynik (2002) ocorrem algumas dificuldades para construir um sistema de coleta de águas pluviais em edificações já existentes. O problema está no reservatório de armazenamento, pois é difícil a instalação de um reservatório de grande dimensão, devido a limitações de espaço.

Tendo em vista que o valor do dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl de 234,5 m³/mês, superestimando sua dimensão, pelo Método de Azevedo Neto resultou em 37,89 m³/mês, o que não supera a demanda mensal de 124,2 m³, mesmo assim é um volume alto o que requer um grande reservatório. Afim de armazenar água de forma a propiciar uma economia no consumo de água potável, e não tendo um espaço físico para dispor de grandes volumes optou-se por construir um reservatório de 20000 L, já que suas dimensões são de 3,65 m de altura e 3,20 m de largura, pois ajudará na economia de água potável e se adequa a área destinada a esse fim. Na figura 8 é possível analisar o local de onde chega a tubulação da

captação da água da chuva, e o local onde serão colocados os reservatórios na escola, atrás dos banheiros.

Figura 8 - Local destinado a instalação dos reservatórios na escola



Fonte: Elaborada pelo autor

Analisando as precipitações médias mensais ao longo dos anos de 2008 a 2017, foi possível observar que a média do mês com menor precipitação foi o de agosto com 117,4 mm e a maior precipitação foi em outubro com 268,7 mm. Portanto de acordo com o cálculo abaixo, se no mínimo chover 27,3 mm por mês, já será possível armazenar 20 m³.

$$P = \frac{V}{A * C} = \frac{20000}{(814 * 0,9)} = 27,3 \text{ mm}$$

Já a média mensal de todo período analisado foi de 171,1 mm, partindo do pressuposto de que as chuvas fossem bem distribuídas ao longo do ano, como cita Cavalcanti et al (2009), de acordo com o cálculo abaixo, o sistema conseguiria suprir a demanda total de 124 m³ por mês, pois é necessário 169,2 mm de precipitação para que isso ocorra. Portanto, se chover no máximo esse volume, o sistema terá uma economia de 100% naquele mês, sendo necessário pagar apenas o valor da taxa fixa.

$$P = \frac{V}{A * C} = \frac{124000}{(814 * 0.9)} = 169,2 \text{ mm}$$

4.8 VIABILIDADE ECONÔMICA

Os custos correspondentes à aquisição dos novos materiais que serão utilizados para a implantação do sistema foram os que apresentaram menor valor entre as duas lojas pesquisadas e encontram-se na Tabela 6. Por questões econômicas as calhas e tubulações já existentes na escola serão aproveitadas, como já mostrado na Figura 3 a instalação das mesmas.

Tabela 6 – Custos dos materiais para implementação do sistema

Custos de implantação do sistema			
Material	Quantidade (um. Ou m)	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
CAP	4	7,20	28,80
Curva 90' 100mm	5	15,69	78,45
Registro	1	31,45	31,45
Adaptador de caixa d'água	3	12,90	38,70
Cano 100 mm	16 m	7,30	116,8
Cano 50 mm	10 m	7,00	70,00
Cano 25 mm	10 m	2,10	21,00
Torneira Bóia	2	8,50	17,00
Joelho 90' 25 mm	2	0,63	1,26
Filtro para calha	1	34,00	34,00
Tê 50 redutor 25	8	3,39	27,12
Bomba ½ CV	1	119,90	119,90
Caixa d'água fibra 20000 L	1	4.650,00	4,650.00
Caixa d'água fibra 5000 L	1	1.450,00	1,450.00
Calha	14 m	45,00	630,00
TOTAL			R\$7,314.48

Fonte: Elaborada pelo autor

O valor total gasto com a compra dos novos materiais necessários para a implantação do sistema é de R\$7,314.48. O valor gasto de água da concessionária

para abastecimento de água potável apenas para as descargas das bacias sanitárias é de R\$ 884,50 por mês antes do sistema de aproveitamento de água pluvial, de acordo com o cálculo abaixo:

$$124 \text{ m}^3 * \frac{R\$5,80}{\text{m}^3} * R\$1,11 + R\$86,19 = R\$ 884,50 / \text{mês}$$

Partindo do ponto de vista de que a precipitação atinja os 169,2 mm por mês, não será necessário utilizar água da concessionária, pois o sistema dará conta da demanda total mensal, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Valores da demanda mensal, precipitação necessária do sistema e precipitação média histórica

Valores da demanda e precipitação		
Demanda de água mensal da escola	Precipitação necessária para suprir o volume	Precipitação média mensal histórica
124 m ³	169,2 mm	171,1 mm

Fonte: Elaborada pelo autor.

O que significa que a economia será de R\$798,31 pois mesmo não utilizando a água naquele mês, a taxa fixa de R\$86,19 é cobrada sempre.

$$R\$ 884,50 - R\$ 86,19 = R\$ 798,31$$

Mas como não há garantias de que as chuvas serão bem distribuídas em todos os meses, e contar com no mínimo um reservatório cheio no mês, será necessário utilizar 104 m³ de água da concessionária, o que resulta no valor de R\$ 755,74 gerando assim uma economia de no mínimo R\$128,80 por mês.

$$104 \text{ m}^3 * \frac{R\$5,80}{\text{m}^3} * R\$1,11 + R\$ 86,19 = R\$755,74$$

$$\text{Economia: } R\$884,50 - R\$755,74 = R\$ 128,80$$

$$\text{Mínimo: } R\$7314,48 \div R\$798,31 \div 12 \text{ meses} = 9 \text{ meses}$$

$$\text{Máximo: } R\$7314,48 \div R\$ 128,30 \div 12 \text{ meses} = 4,8 \text{ anos}$$

Na Tabela 8 é possível ver o valor gasto antes e depois da instalação do sistema. Portanto, a partir dos cálculos e valores demonstrados, o sistema de

aproveitamento de água da chuva irá se pagar no mínimo em 7 meses e no máximo em 4 anos e 7 meses.

Tabela 8 - Custos antes e depois da instalação do sistema

Custos antes e depois da instalação do sistema			
Volume de água utilizada da CORSAN	Valor da taxa fixa	Valor de acordo com a economia de água	Valor economizado com a instalação do sistema
124m ³ (sem o sistema)	R\$ 86,19	R\$ 884,50	R\$0,0
104 m ³	R\$ 86,19	R\$ 755,74	R\$128,80
0	R\$ 86,19	R\$ 86,19	R\$798,30

Fonte: Elaborada pelo autor

Em relação a energia elétrica gasta no sistema elevatório, com uma potência de 0,368 Kw, uma tarifa de R\$0,328/kw, e funcionamento de 20 minutos por dia, durante 20 dias, de acordo com a equação abaixo, o custo mensal com a energia elétrica para o sistema elevatório é de R\$0,83, esse valor mínimo é devido ao baixo custo da bomba e do curto tempo de utilização da mesma. Esse valor se torna irrelevante quando comparado ao custo total de implantação do sistema.

$$CM = 0,368 \text{ kw} * 0,34 \frac{h}{d} * 20 \text{ d} * \frac{R\$0,328}{kwh} = R\$0,83$$

Sendo assim, o sistema é viável financeiramente, pois o valor da sua implementação mais custos com a energia elétrica são de R\$7,315.31 é pago em 1/3 de sua vida útil, já que o sistema dura de 15 a 20 anos, lembrando que o valor não cobre as manutenções necessárias nesse período, apenas sua instalação e funcionamento.

5 CONCLUSÃO

Os métodos indicados pela NBR 15.527/07 apresentam diferenças entre si em relação às variáveis adotadas, o que ocasiona dificuldades em aplicar as equações e analisar os resultados. Muitos dos métodos indicados são internacionais e desenvolvidos para uma realidade diferente do Brasil.

A partir deste estudo fica clara a necessidade de fazer uma revisão na NBR 15527/2007, e desenvolver estudos com novas metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de águas pluviais que sejam apropriados para a realidade brasileira, incluindo principalmente as particularidades de cada região.

O aproveitamento de águas pluviais em edificações urbanas é uma alternativa que deve ser incentivada cada vez mais, pois traz muitos benefícios, contribui indiretamente para minimização de enchentes em áreas urbanas, causadas pela impermeabilização da superfície do solo.

A utilização da água da chuva nas escolas é de grande valia, pois nestas edificações há um maior desperdício de água, devido os usuários não serem responsáveis diretamente pelo pagamento da conta de abastecimento da mesma. Seria interessante a implementação e desenvolvimento de campanhas e palestras sobre educação ambiental, para os professores, funcionários e alunos das instituições de ensino, que tratem da importância de racionalizar o uso da água e o compromisso de cada indivíduo.

O estudo de viabilidade tem por objetivo apontar a viabilidade ou não da implantação das técnicas, da aquisição de produtos ou da realização de melhorias nos projetos em estudo. Para a escola Padre José Schardong, há viabilidade financeira ao armazenar 20 m³ em reservatórios de fibra de vidro, pois a duração do sistema é de 15 a 20 anos, e o tempo de retorno do investimento é de no mínimo 9 meses e no máximo 4 anos e 8 meses.

É importante levar em consideração a sustentabilidade do projeto, que muitas vezes pode demorar para dar retorno financeiro. Para estimular a implantação dos sistemas de aproveitamento, poderiam ser criados alguns incentivos para a população, como a redução de impostos, ou na forma de subsídios para a aquisição dos equipamentos que são a parte mais cara do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCMAC. **Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva**. Disponível em: < <http://www.abcmac.org.br/index.php> > Acesso em: 28 de outubro de 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água da chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14908: Aparelho para melhoria da qualidade da água para uso doméstico- aparelho por pressão**. 2002.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ANA - **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: < <http://www3.ana.gov.br/> >. Acessado em: 28 de outubro de 2017.

ASA - Articulação Semiárido Brasileiro. **Cisternas nas escolas**. Disponível em: < <http://www.asabrasil.org.br/acoes/cisternas-nas-escolas> > Acesso em: 28 de outubro 2017.

BRASIL. Lei nº 13.153 de 30 de julho de 2015. **Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos**. Brasília, DF, 2015.

CÂMARA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Lei Municipal n. 10.506, de 05 de agosto de 2008**. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.

CAMPO, J. D.; NETO, J. R.; **Captação de Água da Chuva em Lajeado de Pedra e Armazenamento em Cisterna de Placa: Uma Alternativa para evitar a Evaporação**. IV Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, Petrolina/PE – Brasil, 2003.

Carli, L. N., DE CONTO, S. M., BEAI, L. L., & PESSIN, N. (2013). **Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior – Estudo de caso da Universidade de Caxias do Sul**. GeAS – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, p. 143-165.

CARVALHO, G. S. et al. **Cálculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar**. SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 10., 2007, São Carlos. Anais. São Carlos: SISPREL. p. 1-10. 2007.

CAVALCANTI, I. A.; FERREIRA N. J.; SILVA, M. G.; DIAS, M. A. **Tempo e Clima no Brasil**. Editora Oficina de texto. Edição 1. 494 p. 2009.

Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. ANA/ MMA. Brasília, 2013. Disponível em: <

http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/PDFs%20agregados/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_capitulos_.pdf > Acesso em: 23 outubro de 2017.

CORSAN. Companhia Riograndense de Saneamento. **Sistema tarifário**. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/sistematarifario> Acesso em: 12 novembro 2017.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água da chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 234f. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2012.

FAVRETTO, C, R. **Captação da água da chuva para utilização na lavagem de veículos: Estudo de caso para o município de Pelotas - RS**. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2016.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 maneiras práticas**. Curitiba, PR: Chain, 2002.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. UFSM – RS. Santa Maria, 2009.

HEBERLE, J.; LINDNER E. A. **Projeto de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva para escola pública de Ipira, SC**. Unoesc & Ciência - ACET Joaçaba, v. 8, n. 2, p. 137-146, jul./dez. 2017.

LEITE, M. A.; SANTOS, G. O.; FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; ZOCOLER, J. L. **Análise de parâmetros de água de chuva para irrigação**. Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. Fortaleza. 2012. Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/winotec2012/Mauricio/inovagri_meeting_leite_agua.pdf Acesso em: 16 novembro 2017.

LEMONS, I. B. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis e análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório propostos pela NBR 15527:2007**. Projeto de conclusão de Curso. 81f. Engenharia Civil. UFRJ/ Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2017.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. **Aproveitamento De Água Pluvial Para Usos Não Potáveis Em Instituição De Ensino: Estudo De Caso Em Florianópolis – Sc**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Disponível em < <http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf> >. Acesso em 11 de junho de 2018.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; SILVA, M. C.; RODRIGUES, L. B.; **Águas Pluviais: Método de Cálculo do Reservatório e Conceitos para um Aproveitamento Adequado**. REGA: Revista de Gestão de Água da América Latina, V.4, p. 29-37, 2007.

OLIVEIRA, T. D., CHRISTMANN, S. S., & PIEREZAN, J. B. **Aproveitamento, captação e (re)uso das águas pluviais na arquitetura**. Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto – Gedecon Edição Especial. IV Fórum de Sustentabilidade, p. 1-15. 2014.

OURIQUES, Z. R.; BARROSO, L. B. **Águas pluviais: uma alternativa para o futuro das cidades**. Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 77-91, 2009.

PMSB. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Cerro Largo, 2012.

Resolução CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013. **Manual Escolas Sustentáveis**. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/legislacao/item/4542-resolu%C3%A7%C3%A3o-cd-fnde-n%C2%BA-18,-de-21-de-maio-de-2013> Acesso em: 25 de abril de 2018.

RUPP, R.F; MUNARIM, U; GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Ambiente Construído, vol.11. nº. 4. Porto Alegre. Out/dez, p.47-64. 2011.

TELLES, D. D; COSTA, R.P. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

TOMAZ, P., **Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Livro Digital, 2010. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf Acesso em: 10 de maio de 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto**. 6º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva. Belo Horizonte: 2007.

TUNDISI, José Galizia, TUNDISI, Takako Matsumura. **Recursos Hídricos no Século XXI**. 1ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2011.

WERNECK, G A. M.; **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí**. Dissertação (mestrado) - 84 Programa de Pós-graduação em Arquitetura - UFRJ/ FAU/ PROARQ Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2006.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. WWDR4 – Resumo histórico: **Os recursos hídricos do planeta estão sob pressão do crescimento rápido das demandas por água e das mudanças climáticas, diz novo Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/WWDR4%20Background%20Briefing%20Note_pt_2012.pdf > Acesso em: 15 novembro 2017.